

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 32 10 629 A 1**

⑤ Int. Cl. 3:
G 02 F 1/29

⑳ Aktenzeichen:
㉔ Anmeldetag:
㉕ Offenlegungstag:

P 32 10 629.7
23. 3. 82
28. 10. 82

㉑ Unionspriorität: ㉒ ㉓ ㉔
24.03.81 JP P42769-81 12.05.81 JP P71231-81

㉑ Anmelder:
Canon K.K., Tokyo, JP

㉑ Vertreter:
Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühling, G., Dipl.-Chem.; Kinne, R.,
Dipl.-Ing.; Grupe, P., Dipl.-Ing.; Pellmann, H., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anw., 8000 München

㉑ Erfinder:
Nishimoto, Yoshifumi, Machida, Tokyo, JP

DE 32 10 629 A 1

⑤④ **Linse mit variabler Brennweite**

Beschrieben wird eine neuartige Ausbildung einer Linse mit variabler Brennweite. Ein elektrisches Feld mit einer Intensitätsverteilung, das in einer Ebene senkrecht zu der Richtung des einfallenden Lichts geneigt ist, wird an einen elektrooptischen Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexverteilung mit Linsenwirkung in dem Kristall angelegt. Die Brennweite der Linsenwirkung wird durch Ändern des angelegten elektrischen Feldes geändert.
(32 10 629)



10

Patentansprüche

1. Linse mit variabler Brennweite des Typs, bei dem
ein geneigtes elektrisches Feld an einen elektroopti-
schen Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexvertei-
lung mit Linsenwirkung angelegt wird, und die Brennweite
15 der Linsenwirkung durch Ändern des angelegten elektrischen
Felds geändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das elek-
trische Feld in Richtung parallel zu der Einfallsrichtung
des Lichts auf den elektrooptischen Kristall angelegt
20 wird.

2. Linse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
das elektrische Feld mittels Ringelektroden (22) angelegt
wird, die auf der Oberfläche des elektrooptischen Kri-
25 stalls (21) senkrecht zur Einfallsrichtung des Lichts
(28) vorgesehen sind.

3. Linse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
das elektrische Feld über eine transparente elektrolei-
30 tende Materialschicht (32) angelegt wird, die kontinuier-
lich auf der Oberfläche des elektrooptischen Kristalls
(21) senkrecht zur Einfallsrichtung des Lichts aufgetra-
gen ist.

35 4. Linse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch
gekennzeichnet, daß eine Polarisationsrichtung (25)
im optischen Weg des einfallenden Lichts (28) angeordnet
ist.

1 5. Linse mit variabler Brennweite des Typs, bei dem
ein geneigtes elektrisches Feld an einen elektrooptischen
Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexverteilung mit
einer Linsenwirkung angelegt wird, und die Brennweite der
5 Linsenwirkung durch Ändern des angelegten elektrischen
Felds geändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das elek-
trische Feld in Richtung parallel zu der Richtung des ein-
fallenden Lichts an den elektrooptischen Kristall ange-
legt wird, und daß die Linse eine Polarisationsrichtung
10 und eine Einrichtung zum Drehen der Richtung der Polari-
sation der Polarisationsrichtung aufweist, die in dem
optischen Weg des einfallenden Lichts vorgesehen sind.

6. Linse mit variabler Brennweite des Typs, bei dem
15 ein geneigtes elektrisches Feld an einen elektrooptischen
Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexverteilung mit
einer Linsenwirkung angelegt wird, und die Brennweite der
Linsenwirkung durch Ändern des angelegten elektrischen
Felds geändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Lin-
20 se einen elektrooptischen Kristall (21), eine Vielzahl von
ringförmigen Elektroden (22), die auf der Oberfläche des
Kristalls senkrecht zur Einfallsrichtung des Lichts vor-
gesehen sind, eine transparente Isolationsschicht (29),
die die Ringelektroden bedeckt, eine Vielzahl von Lei-
25 tungsdrähten (23), die auf der Oberfläche der Schicht ge-
genüber den Ringelektroden vorgesehen sind und die mit den
entsprechenden Ringelektroden durch in der transparenten
Isolationsschicht vorhandene Durchgangslöcher verbunden
sind, und einen Energiequellenteil aufweist, der an die
30 entsprechenden Leitungsdrähte eine variable Spannung an-
legt, um in dem elektrooptischen Kristall eine Verteilung
des elektrischen Felds in der Ebene senkrecht zu der Ein-
fallsrichtung des Lichts zu erzeugen.

35 7. Linse nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
daß der Energiequellenteil aus einer variablen Spannungs-
quelle (27) und einer Vielzahl von parallelgeschalteten
Widerständen zwischen den Leitungsdrähten auf der Ober-

3210629

23.03.86

-3-

DE 1986

1 fläche der transparenten Isolationsschicht an der Leitungsdrahtseite besteht.

5

10

15

20

25

30

35



Canon Kabushiki Kaisha

10

Tokyo, Japan

15

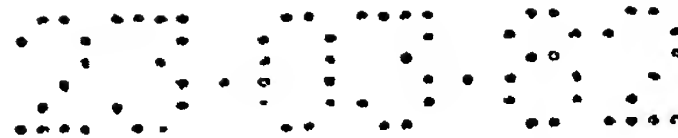
Linse mit variabler Brennweite

Die Erfindung bezieht sich auf eine Linse mit variabler Brennweite.

Bei bekannten optischen Systemen von Objektiven mit variabler Brennweite, die allgemein als Zoomobjektive bezeichnet werden, wird die Änderung der Brennweite dadurch erreicht, daß eine bestimmte Linsengruppe oder Linsengruppen längs der optischen Achse bewegt wird, wodurch der Abstand zwischen den Linsengruppen geändert wird.

Das Linsensystem benötigt deshalb einen Bewegungsmechanismus zur Bewegung der Linsengruppen. Derartige Bewegungsmechanismen sind jedoch nicht zufriedenstellend schnell und erlauben keine Änderung der Brennweite mit hoher Geschwindigkeit sowie die Verringerung der Größe und der Herstellungskosten.

Zur Lösung dieses Problems ist vorgeschlagen worden, den elektrooptischen Effekt zu verwenden. In der japanischen Patentveröffentlichung 615/1974 ist eine Linse mit variabler Brennweite beschrieben, bei der ein geneigtes elektrisches Feld an einen elektrooptischen Kristall zur Steuerung der Linsenwirkung des Kristalls mittels eines



1 elektrischen Signals angelegt wird. Bei dieser Art von
Linsen mit variabler Brennweite ist die Verringerung der
Größe und eine Änderung der Brennweite mit hoher Geschwin-
digkeit sichergestellt.

5

Die Fig. 1 und 2 zeigen diesen Stand der Technik. In
Fig. 1 ist mit 1 ein elektrooptischer Kristall beispiels-
weise aus LiTaO_3 bezeichnet; 2 bis 5 sind zylindrische
Elektroden, an die ein elektrisches Feld derart angelegt
10 wird, daß die Elektroden 2 und 3 positiv und die Elektro-
den 4 und 5 negativ werden. Das elektrische Feld E_z in
Richtung der z-Achse in Fig. 1 zeigt eine spezielle Ver-
teilung des elektrischen Feldes auf der y-Achse, wobei
das elektrische Feld E_z niedriger an und bei dem Mittel-
15 punkt des Kristalls und höher an den Seiten bzw. Kanten
des Kristalls wird. Wenn in Richtung der z-Achse polari-
siertes Licht in den elektrooptischen Kristall eintritt,
wird unter diesen Bedingungen die Verteilung des Bre-
chungsindex bezüglich der Richtung der y-Achse derart,
20 daß der Brechungsindex maximal im Mittelabschnitt ist
und allmählich hin zu den Endabschnitten der y-Achse ab-
nimmt. Aufgrund dieses speziellen Gradienten des Bre-
chungsindex auf der y-Achse wird das einfallende Licht
zur Mitte des Kristalls konzentriert. Anders ausgedrückt
25 wirkt der Kristall wie eine Zylinderlinse für in Richtung
der z-Achse polarisiertes Licht mit einer Brechkraft in
Richtung der y-Achse. Die Brennweite der Zylinderlinse
kann dadurch geändert werden, daß die zwischen die zylind-
rischen Elektroden angelegte Spannung geändert wird.

30

Fig. 2 zeigt eine zweidimensional zusammengesetzte
Linse (Objektiv), die nach dem vorstehend erläuterten Kon-
zept hergestellt ist.

35 Mit 6 und 8 in Fig. 2 sind Zylinderlinsen bezeichnet,
die beide aus einem elektrooptischen Kristall hergestellt
sind. Die Zylinderlinsen 6 und 8 unterscheiden sich von-
einander hinsichtlich der Richtung der Achse, längs der

1 der Brechungsindex variiert. Mit 7 ist eine Halbwellen-
platte zur Drehung lediglich der Polarisationssebene um
90° ohne Änderung des Musters bezeichnet.

5 Das vorstehend beschriebene Objektiv variabler Brenn-
weite gemäß dem Stand der Technik hat jedoch einige Nach-
teile.

10 Als erstes ist es schwierig zylindrische Elektroden
in einem elektrooptischen Kristall vorzusehen, wie in
Fig. 1 gezeigt. Hiermit ist eine wesentliche Kostener-
höhung verbunden.

15 Zweitens ist es durch keine Einrichtung möglich, eine
Linse mit negativer Brechkraft also eine sogenannte Kon-
kavlinse herzustellen.

20 Drittens ist es, wenn eine zweidimensionale Linse
(zweidimensional wirkende Linse) hergestellt werden soll,
absolut notwendig, zwei derartige Linsen zu verwenden
(wie in Fig. 2 gezeigt), was nachteilig für den kompakten
Aufbau einer zweidimensionalen Linse ist. Ferner führt
dies zu einer Erhöhung der Kosten.

25 Ein weiterer Weg zu einer Linse mit variabler Brenn-
weite, die einen elektrooptischen Kristall verwendet, ist
in "Experimente an Lichtablenkelementen und Linsen variab-
ler Brennweite durch Anlegen eines geneigten elektrischen
Felds an einen elektrooptischen Kristall" von M. Sakaguchi
30 (Proceedings of the 1975 National Meeting of Japanese
Electronic Communication Society, 864, 1975). Dieses Lin-
sensystem ist in Fig. 3 gezeigt.

35 In Fig. 3 ist mit 11 ein elektrooptischer Kristall,
beispielsweise aus LiTaO_3 und mit 12_n, ... 120, 121, ...,
12n schlitzförmige Elektroden bezeichnet. Mit 13 ist eine
ebene Elektrode und mit 14 Leitungsdrähte bezeichnet. Mit-
tels des Leitungsdrahts 14 wird an den Kristall 11 ein

1 elektrisches Feld mit näherungsweise quadratischer (recht-
eckförmiger) Verteilung vom Mittelpunkt zum Ende durch
die schlitzförmigen Elektroden 12-n, ..., 120, 121, ...,
12n angelegt. Auf diese Weise wird eine Brechungsindex-
5 verteilung realisiert, die Linsenwirkung auf in Richtung
der z-Achse polarisiertes Licht hat. Durch Ändern des
elektrischen Felds, das angelegt wird, wird eine eindi-
mensionale Linse mit variabler Brennweite erhalten. Bei
dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel können die Elektroden
10 auf einfache Weise unter Verwendung eines bekannten Her-
stellungsverfahrens für Metallelektroden, wie des
"Sputter"-Verfahrens hergestellt werden. Ferner hat diese
Linse den weiteren Vorteil, daß eine konkave Linse ledig-
lich dadurch erzielt werden kann, daß die Verteilung des
15 an die schlitzförmigen Elektroden angelegten elektrischen
Felds umgekehrt wird.

Das in Fig. 3 gezeigte Beispiel ist jedoch auf eine
eindimensionale Linse beschränkt und kann nicht bei Lin-
20 sen mit variabler Brennweite mit zweidimensionaler Lin-
senwirkung verwendet werden. Zusätzlich sind die in den
Fig. 1 bis 3 gezeigten bekannten Anordnungen übereinstim-
mend nachteilig beim Erzielen einer Linse mit großer Öff-
nung. Der Grund hierfür ist, daß bei den bekannten Anord-
25 nungen das elektrische Feld in Richtung senkrecht zur
Richtung des einfallenden Lichts angelegt wird und des-
halb die Intensität des elektrischen Felds abnimmt, wenn
die Einfallsebene zunimmt, wenn der Abstand zwischen den
Elektroden vergrößert wird. Aus diesem Grunde ist es bei
30 der Realisierung einer Linse mit großer Öffnung gemäß dem
Stand der Technik erforderlich, höhere Spannungen anzule-
gen, um eine ausreichende Intensität des elektrischen
Felds zu erzielen.

35 Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Linse variabler
Brennweite zu schaffen, die kompakt ist und eine zweidi-
mensionale Linsenwirkung hat. Ferner soll eine Linse mit
variabler Brennweite und großer Öffnung geschaffen werden,

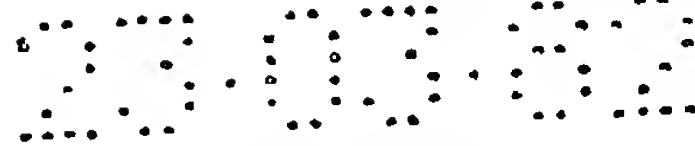
1 bei der keine hohe Spannung erforderlich ist.

Erfindungsgemäß wird eine Linse variabler Brennweite geschaffen, bei der ein geneigtes elektrisches Feld an einem elektrooptischen Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexverteilung mit einer Linsenwirkung angelegt wird und die Brennweite der Linsenwirkung durch Ändern des angelegten elektrischen Felds geändert wird, wobei das elektrische Feld an den elektrooptischen Kristall in einer Richtung parallel zur Einfallsrichtung des Lichts auf den elektrooptischen Kristall angelegt wird. Auf diese Weise wird erfindungsgemäß eine Verteilung des Brechungsindex mit einer zweidimensionalen Linsenwirkung mit einem einzigen elektrooptischen Kristall dadurch erzielt, daß ein elektrisches Feld an den Kristall in einer Richtung parallel zur Einfallsrichtung des Lichts angelegt wird, so daß ein elektrisches Feld mit einer in zweidimensionaler Richtung variierenden Intensitätsverteilung innerhalb der Ebene erzeugt wird, die senkrecht auf der Lichteinfallsrichtung steht. Bei der erfindungsgemäßen Ausbildung der Linse mit variabler Brennweite hängt die Intensität des elektrischen Felds von der angelegten Spannung und der Dicke des elektrooptischen Kristalls in Lichteinfallsrichtung ab, wird jedoch nicht durch die Öffnung der Linse beeinflusst. Deshalb ist eine große Linsenöffnung mit einer niedrigen Spannung erzielbar.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 perspektivisch eine Linse variabler Brennweite unter Verwendung eines elektrooptischen Kristalls mit zylindrischen Elektroden gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2 perspektivisch eine zweidimensionale Linse, die zwei der in Fig. 1 gezeigten Linsen mit variabler Brennweite verwendet,



1 Fig. 3 perspektivisch ein weiteres Beispiel für den
Stand der Technik einer eindimensionalen Linse mit variab-
ler Brennweite, bei der ein geneigtes elektrisches Feld
mittels Schlitzelektroden an einen elektrooptischen Kri-
5 stall angelegt wird,

 Fig. 4 perspektivisch ein erstes Ausführungsbeispiel
der Erfindung, bei dem ein geneigtes elektrisches Feld
an einen elektrooptischen Kristall in einer Richtung pa-
10 rallel zur Einfallsrichtung des Lichts zur Erzeugung ei-
ner zweidimensionalen Linsenwirkung angelegt wird,

 Fig. 5 eine Teildarstellung des Energieversorgungs-
teils zur Versorgung des geneigten elektrischen Felds bei
15 dem ersten Ausführungsbeispiel,

 Fig. 6 ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung,
bei dem eine transparente Isolationsschicht zur Erleich-
terung der Herausführung der Leitungsdrähte verwendet
20 wird,

 Fig. 7 eine Ansicht der Elektroden auf der Oberfläche
des elektrooptischen Kristalls bei dem dritten Ausführ-
25 rungsbeispiel,

 Fig. 8 ein Querschnitt durch den elektrooptischen
Kristall bei der Linie A-A' in Fig. 7, und

 Fig. 9 perspektivisch ein fünftes Ausführungsbei-
30 spiel der Erfindung, bei dem als Anlageeinrichtung für
das geneigte elektrische Feld eine kontinuierliche Be-
schichtung des transparenten elektroleitenden Materials
verwendet wird, die auf der Oberfläche des elektroopti-
schen Kristalls aufgebracht ist.

35

 Fig. 4 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der Er-
findung. In Fig. 4 ist mit 21 ein Kristall aus KH_2PO_4
bezeichnet, der einen linearen elektrooptischen Effekt

1 (Pockels Effekt) zeigt; 22 ist ein erster transparenter
Elektroden teil, der eine Vielzahl von konzentrischen ring-
förmigen transparenten Elektroden $22_1, 22_2 \dots 22_n$ auf-
weist, 23 ist ein Leitungsdraht, 24 ein zweiter transpa-
5 renter Elektroden teil, der planar ist und 25 eine Polari-
sationsplatte.

Wie allgemein bekannt ist, hat ein elektrooptischer
 KH_2PO_4 eine Drehinversionsachse (als z-Achse bezeichnet)
10 und zwei Drehachsen (als x-Achse und y-Achse bezeichnet).
Die z-Achse stimmt mit der optischen Achse überein.

Wenn ein externes elektrisches Feld E_z an den Kri-
stall längs der z-Achse angelegt wird, ändert sich das
15 Indexellipsoid des Kristalls, das durch

$$\frac{x^2}{n_o^2} + \frac{y^2}{n_e^2} + 2\gamma_{63}E_z xy = 1 \quad \dots (1)$$

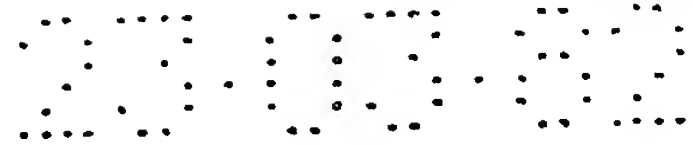
20 dargestellt wird; hierbei ist n_o der Hauptbrechungsindex
in x- und y-Richtung, n_e der Hauptbrechungsindex in z-
Richtung und γ_{63} eine elektrooptische Konstante.

25 Wenn die x-Achse und die y-Achse um 45° in die x'-
Achse und y'-Achse gedreht werden, wobei $z' = z$ aufrecht-
erhalten wird, sind die Koordinaten $n_{x'}$ und $n_{y'}$, an de-
nen das Indexellipsoid die x'-Achse bzw. die y'-Achse
schneidet, gegeben durch:

$$n_{x'} = n_o - \frac{n_o^3}{2} \gamma_{63} E_z \quad \dots (2)$$

$$n_{y'} = n_o + \frac{n_o^3}{2} \gamma_{63} E_z \quad \dots (3)$$

35



- 1 Wenn die Ausbreitungsrichtung durch den Kristall, in dem das elektrische Feld in z-Richtung angelegt ist, die $z = z'$ -Achse ist, ist es möglich, daß das Licht lediglich in Richtung der x' - und y' -Achsen polarisiert ist.
- 5 Die Brechungsindizes n_x' und n_y' des polarisierten Lichts in x' -Richtung und y' -Richtung sind durch die Gleichungen (2) und (3) gegeben.

10 Deshalb ist für in x' -Richtung und y' -Richtung polarisiertes Licht die Änderung des Brechungsindex $\Delta n_x'$ und $\Delta n_y'$ durch das angelegte elektrische Feld E_z in z -Richtung gegeben durch:

15
$$\Delta n_x' = - \frac{n_o^3}{2} \gamma_{63} E_z \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta n_y' = + \frac{n_o^3}{2} \gamma_{63} E_z \dots\dots\dots (5)$$

- 20 Bei dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Polarisationsrichtung der Polarisationsplatte 25 in Richtung der x' -Achse eingestellt; deshalb wird durch den Kristall hindurchgehendes Licht 28 von der Änderung des Brechungsindex beeinflusst, die durch Gleichung (4) hinsichtlich der z -Achse des angelegten elektrischen Felds E_z dargestellt wird.

30 Die Dicke des Kristalls in Richtung der z -Achse ist konstant und der erste und zweite transparente Elektrodenteil sind auf der Oberfläche des Kristalls so vorgesehen, daß sie ein elektrisches Feld in Richtung der z -Achse entsprechend der an die Elektrodenteile angelegten Spannung erzeugen. Die Elektroden $22_1, 22_2 \dots\dots 22_n$ in dem ersten transparenten Elektrodenteil 22 haben dieselbe Breite und

35 sind als konzentrische Ringe ausgebildet. Sie sind mit derselben Abstandsteilung angeordnet und elektrisch voneinander isoliert. Leitungsdrähte von den entsprechenden Ringelektroden sind mit dem Energiequellenteil 26 verbun-

1 den.

Wie in Fig. 5 gezeigt weist der Energiequellenteil 26, eine variable Spannungsquelle 27, in Serie geschaltete
5 Widerstände R_1, R_2, \dots, R_n sowie Leitungsdrähte $23_1, 23_2, \dots, 23_n$ auf, die sich von den Widerständen her erstrecken. Der Widerstandswert des m-ten Widerstands R_m wird durch den folgenden Ausdruck gegeben:

$$10 \quad R_m = \frac{R}{2} + R (m - 1) \quad \dots \dots \dots (6)$$

Hierbei ist R eine optische Konstante.

Das Potential V_m am m-ten Leitungsdraht (Herauslei-
15 tungsdraht) 23_m ist proportional zu der Spannung V der variablen Energiequelle und zu $\sum^m R_m$. Aus Gleichung (6) ergibt sich, daß $\sum^m R_m = \frac{1}{2} m^2 R$ ist. Deshalb gilt

$$V_m \propto m^2 \cdot V \quad \dots \dots \dots (7)$$

20

Das Potential V_m wird an die transparente Ringelektrode 22_m angelegt und ein zu V_m proportionales elektrisches Feld an der Ringfläche der transparenten Elektrode in z-Richtung des Kristalls aufgebaut. r sei der Radius-
25 abstand vom Mittelpunkt des Kristalls. Wie man an den Gleichungen (2) und (7) sieht, ist m proportional zu r. Deshalb ist die Verteilung des Brechungsindex des Kristalls für einen in x'-Richtung polarisierten Strahl 28 gegeben durch:

30

$$n = n_0 \left(1 - \frac{1}{2} A r^2 \right) \quad \dots \dots \dots (8)$$

Hierbei ist A eine Funktion $A(V)$ der variablen Quellenspannung V. Wie allgemein bekannt ist, ist die Wellen-
35 länge einer Linse mit der Brechungsindexverteilung, wie sie durch Gleichung (8) gegeben ist, allgemein gegeben durch:

1

$$f = \frac{1}{n_o \sqrt{A} \sin(\sqrt{A} \ell)} \quad \dots\dots\dots (9)$$

5 Hierbei ist ℓ die Dicke des Kristalls 21 in Richtung der z-Achse.

Wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, zeigt die Linse, die den in diesem Ausführungsbeispiel gezeigten optischen
 10 Kristall verwendet, eine sammelnde Wirkung und ihre Brennweite kann leicht und kontinuierlich dadurch geändert werden, daß die Spannung V der variablen Spannungsquelle gesteuert wird.

15 Der Aufbau der Elektrode 22 und des Energiequellen- teils ist nicht auf den in den Fig. 4 und 5 gezeigten be- schränkt. Auch andere Aufbauten können verwendet werden, vorausgesetzt daß die gewünschte quadratische Verteilung des Potentials erhalten werden kann. Ferner können bei
 20 diesem Ausführungsbeispiel andere elektrooptische Kri- stalle als KH_2PO_4 -Kristalle verwendet werden. Sogar wenn Kristalle mit einem quadratischen elektrooptischen Effekt (Kerr-Effekt) verwendet werden, kann eine Linsenwirkung
 25 ähnlich der Obigen dadurch erzielt werden, daß die Poten- tialverteilung proportional zum Radius r gemacht wird. Es ist offensichtlich, daß die Polarisationsplatte 25 vor oder hinter dem Kristall 21 angeordnet werden kann.

Im folgenden soll ein zweites Ausführungsbeispiel be-
 30 schrieben werden, das eine Modifikation des ersten Aus- führungsbeispiels ist.

Das zweite Ausführungsbeispiel beruht auf der Realisi-
 sierung, wenn die beim ersten Ausführungsbeispiel ge-
 35 zeigte Polarisationsplatte so eingestellt ist, daß die Polarisationsrichtung der Polarisationsplatte in Richtung der y' -Achse zeigt, eine zerstreuliche Konkavlinse bei Ver- wendung derselben Potentialverteilung erhalten werden

1 kann. Natürlich liegt eine derartige Konkavlinse auch im Bereich der vorliegenden Erfindung.

5 Gemäß dem auf dieser Realisierung beruhenden zweiten Ausführungsbeispiel kann die Vorzeichenumschaltung der Linsenbrechkraft von positiv auf negativ und zurück, die gemäß dem Stand der Technik sehr schwierig zu realisieren ist, unverzüglich lediglich dadurch erreicht werden, daß die Polarisationsrichtung der Polarisationsplatte umge-
10 schaltet wird.

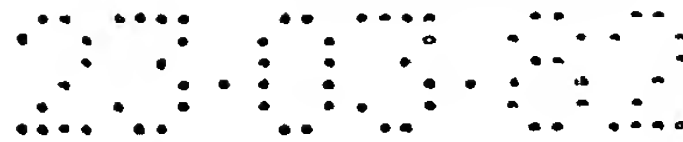
Genauergesagt weist das zweite Ausführungsbeispiel zusätzlich zu den in Fig. 4 gezeigten Elementen eine Einrichtung auf, die die Polarisationsplatte um 90° dreht.
15 Diese Dreheinrichtung kann eine herkömmliche mechanische Einrichtung oder eine andere bekannte Einrichtung sein, die zu diesem Zweck nützlich ist. Durch reversibles Drehen der Polarisationsplatte um 90° oder ein ganzzahliges Vielfaches hiervon, wird die Polarisationsrichtung des durch
20 den Kristall hindurchgehenden Lichts geändert, so daß von sammelnder auf zerstreuende Linsenwirkung et. vice versa umgeschaltet wird. Auch im Falle einer zerstreuenden Linse hängt die Brennweite kontinuierlich von der Quellen-
spannung V ab.

25

Fig. 6 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel ist auf eine konkrete Form der "Herausleitdrähte" und des Energiequellenteils des ersten Ausführungsbeispiels gerichtet.

30

In der Figur ist 21 ein KH_2PO_4 -Kristall mit einem linearen elektrooptischen Effekt (Pockels-Effekt), 22 ein erster transparenter Elektrodenteil, der aus einer Zahl von konzentrischen ringförmigen transparenten Elektroden
35 $22_1, 22_2, \dots, 22_n$ besteht; $23_1, 23_2, \dots, 23_n$ sind Leitungsdrähte. Mit 24 ist ein ebener zweiter transparenter Elektrodenteil bezeichnet, mit 25 eine Polarisationsplatte, mit 27 eine variable Spannungsquelle, mit 28 ein ein-



fallender Lichtstrahl und mit 29 eine transparente Isolationsschicht. Ähnlich dem ersten Ausführungsbeispiel wird auch bei diesem Ausführungsbeispiel ein geneigtes elektrisches Feld durch die transparenten konzentrischen ringförmigen Elektroden $22_1, 22_2, \dots, 22_n$ zur Erzeugung einer sammelnden Linsenwirkung angelegt. Die Änderung der Brennweite wird durch Steuern der Spannung V der variablen Spannungsquelle erzielt.

Fig. 7 zeigt eine vergrößerte Aufsicht der in Fig. 6 gezeigten Linse mit variabler Brennweite, Fig. 8 einen Querschnitt bei der Linie A-A' in Fig. 7.

Wie man aus diesen Figuren erkennt, sind die ringförmigen transparenten Elektroden $22_1, 22_2, \dots, 22_n$ des ersten Elektrodenteils 22 auf der ersten Fläche des elektrooptischen Kristalls 21 angeordnet. Auf der zweiten Fläche, die der ersten Fläche des Kristalls gegenüberliegt, ist der ebene zweite Elektrodenteil 24 vorgesehen, der das gesamte Gebiet der zweiten Fläche bedeckt. Die zweite transparente Elektrode 24 ist mit dem Bezugspotential verbunden (geerdet). Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die erste Fläche des Kristalls, auf der die transparenten ringförmigen Elektroden konzentrisch angeordnet sind, von einer transparenten Isolationsschicht 29 bedeckt. Leitungsdrähte $23_1, 23_2, \dots, 23_n$ sind auf der Außenfläche der transparenten Isolationsschicht vorgesehen. Die transparenten ringförmigen Elektroden und die entsprechenden Leitungsdrähte sind durch in der Schicht vorhandene Löcher verbunden. In Fig. 8 ist lediglich ein Paar, bestehend aus einer Elektrode 22_1 und einem Leitungsdraht 23_1 gezeigt. Die anderen aus ringförmigen Elektroden 22_m und Leitungsdrähten 23_m bestehenden Paare sind in derselben Weise verbunden.

35

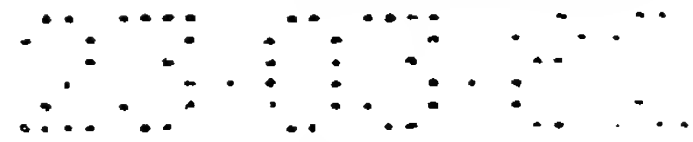
Bei diesem Ausführungsbeispiel schneiden sich deshalb die transparenten ringförmigen Elektroden und die entsprechenden Leitungsdrähte dreidimensional. Dieses Ver-

1 bindungsverfahren bringt verschiedene Vorteile mit sich.
 Die Leitungsdrähte können sehr einfach herausgeführt wer-
 den und mit den konzentrischen ringförmigen transparenten
 Elektroden in einfacher Weise verbunden werden. Im allge-
 5 meinen stört das elektrische Feld, das von den Leitungs-
 drähten erzeugt wird, die ideale axialsymmetrische Vertei-
 lung des elektrischen Felds. Bei diesem Ausführungsbei-
 spiel wird jedoch die Intensität des elektrischen Felds
 innerhalb des Kristalls, das von den Leitungsdrähten her-
 10 rührt, auf ein Ausmaß verringert, das der Dicke der Iso-
 lationsschicht entspricht. Deshalb wird die von den Lei-
 tungsdrähten hervorgerufene Störung der elektrischen Feld-
 verteilung stark verringert. Dies ist ein weiterer Vor-
 teil dieses Ausführungsbeispiels. Durch Vorsehen der Iso-
 15 lationsschicht ist die Befestigungsfläche für die Elektro-
 den von der Befestigungsfläche für die Leitungsdrähte ver-
 schoben. Dies hat den besonderen Vorteil, daß ein uner-
 wünschter Kontakt und eine Störung zwischen den Leitungs-
 drähten und den Elektroden und/oder Zwischenleitungsdräh-
 20 ten und Leitungsdrähten vollständig für jedes Muster der
 Elektrodenanordnung vermieden werden kann.

Wie in Fig. 7 gezeigt, weist dieses Ausführungsbei-
 spiel Dünnschichtwiderstände R_1, R_2, \dots, R_n auf, die je-
 25 weils zwischen zwei Leitungsdrähten auf der Oberfläche,
 die den Leitungsdrähten des transparenten Isolationsfilms
 gegenüberliegt, vorgesehen sind. Die Breite und die Dicke
 dieser Dünnschichtwiderstände ist so gewählt, daß sie Wider-
 standswerte entsprechend Gleichung (6) haben, wie sie bei
 30 dem zweiten Ausführungsbeispiel verwendet werden. Auf die-
 se Weise sind bei diesem Ausführungsbeispiel die Wider-
 stände in die Linse selbst eingebaut. Deshalb kann bei
 diesem Ausführungsbeispiel ein äußerst kompakter Aufbau
 realisiert werden.

35

Das Ausführungsbeispiel ist zwar vorstehend für den
 Fall einer axialsymmetrischen Feldverteilung beschrieben
 worden, es versteht sich aber von selbst, daß dieses Aus-



1 führungsbispiel auch bei anderen Elektrodenmustern an-
wendbar ist. Auch können als Elektrode 22 und Energie-
quelle 27 andere Anordnungen als die in Fig. 6 gezeigten
verwendet werden. Erforderlich ist lediglich, eine quadra-
5 tische (rechteckförmige) Potentialverteilung zu erzeugen.
Ferner versteht es sich, daß andere elektrooptische Kri-
stalle als KH_2PO_4 -Kristalle zur Verwirklichung der vor-
stehend gegebenen Lehre verwendet werden können. Sogar
wenn Kristalle mit einem quadratischen elektrooptischen
10 Effekt (Kerr-Effekt) verwendet werden, kann eine gute
Linsenwirkung, die zu der obigen äquivalent ist, dadurch
erzielt werden, daß die Potentialverteilung proportional
zum Radius r ausgeführt wird. Es ist offensichtlich, daß
die Polarisationsplatte 25 vor dem Kristall 41 oder hin-
15 ter ihm angeordnet werden kann.

Fig. 9 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel der Er-
findung. Dieses Ausführungsbeispiel zeichnet sich durch
eine kontinuierliche Schicht aus einer elektroleitenden
20 Substanz 33 zwischen der inneren Elektrode 30 und der
äußeren Ringelektrode 31 aus. Die innere Elektrode 30,
die auf der Kristalloberfläche vorgesehen ist, liegt auf
der optischen Achse des einfallenden Lichts. Die äußere
Ringelektrode 31 hat einen Radialabstand von der inneren
25 Elektrode. Beim Abstand r von der inneren Elektrode 30
hat die Ringfläche der leitenden Schicht die Breite dr
entsprechend dem Radialabstand r . Die Dicke und die Dich-
te jedes Ringgebiets dr ist hinsichtlich der Breite der-
art eingestellt, daß der Leitungswiderstand des Ringge-
30 biets proportional zum Radialabstand r ist. Wenn deshalb
eine bestimmte Spannung an das Gebiet zwischen den beiden
Elektroden 30 und 31 angelegt wird, wirkt der Kristall
als Linse, da das Potential an jedem Punkt der leitenden
Schicht proportional zum Quadrat von r ist.

35

Da sich die Potentialverteilung, d.h. die Feldvertei-
lung bei diesem Ausführungsbeispiel kontinuierlich ändert,
ergibt sich eine sehr gute Linsenqualität.

1 Die vorliegende Erfindung ist exemplarisch für eine zweidimensionale Linse mit variabler Brennweite und äußerst einfachem Aufbau beschrieben worden.

5 Das Merkmal, das eine große Linsenöffnung bei niedriger Spannung erzielbar ist, ist auch zur Erzeugung einer eindimensionalen Linse unter Verwendung eines elektrooptischen Kristalls vorteilhaft. Beispielsweise kann eine eindimensionale Linse mit variabler Brennweite dadurch erhalten werden, daß ein geneigtes elektrisches Feld an einen elektrooptischen Kristall mittels einer Vielzahl von schlitzförmigen Elektroden in Richtung parallel zur Richtung des einfallenden Lichts angelegt wird. Wie man leicht sieht, sind im vorliegenden allgemeinen Erfindungsgedanken
10 alle Linsen mit variabler Brennweite, die einen elektrooptischen Kristall verwenden, und bei denen die Anlage des elektrischen Felds an den Kristall in Richtung parallel zur Einfallsrichtung des Lichts erfolgt, eingeschlossen.

20

Die vorstehende Beschreibung hat gezeigt, daß erfindungsgemäß eine neuartige Ausbildung einer Linse mit variabler Brennweite beschrieben worden ist, die einen elektrooptischen Kristall verwendet und die einen äußerst einfachen Aufbau hat und als zweidimensionale Linse sowie als Linse mit großer Öffnung bei niedriger Spannung verwendbar ist.
25

Beschrieben wird eine neuartige Ausbildung einer Linse mit variabler Brennweite. Ein elektrisches Feld mit einer Intensitätsverteilung, das in einer Ebene senkrecht zu der Richtung des einfallenden Lichts geneigt ist, wird an einen elektrooptischen Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexverteilung mit Linsenwirkung in dem Kristall angelegt. Die Brennweite der Linsenwirkung wird durch Ändern des angelegten elektrischen Feldes geändert.
30
35

19
Leerseite

THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 1

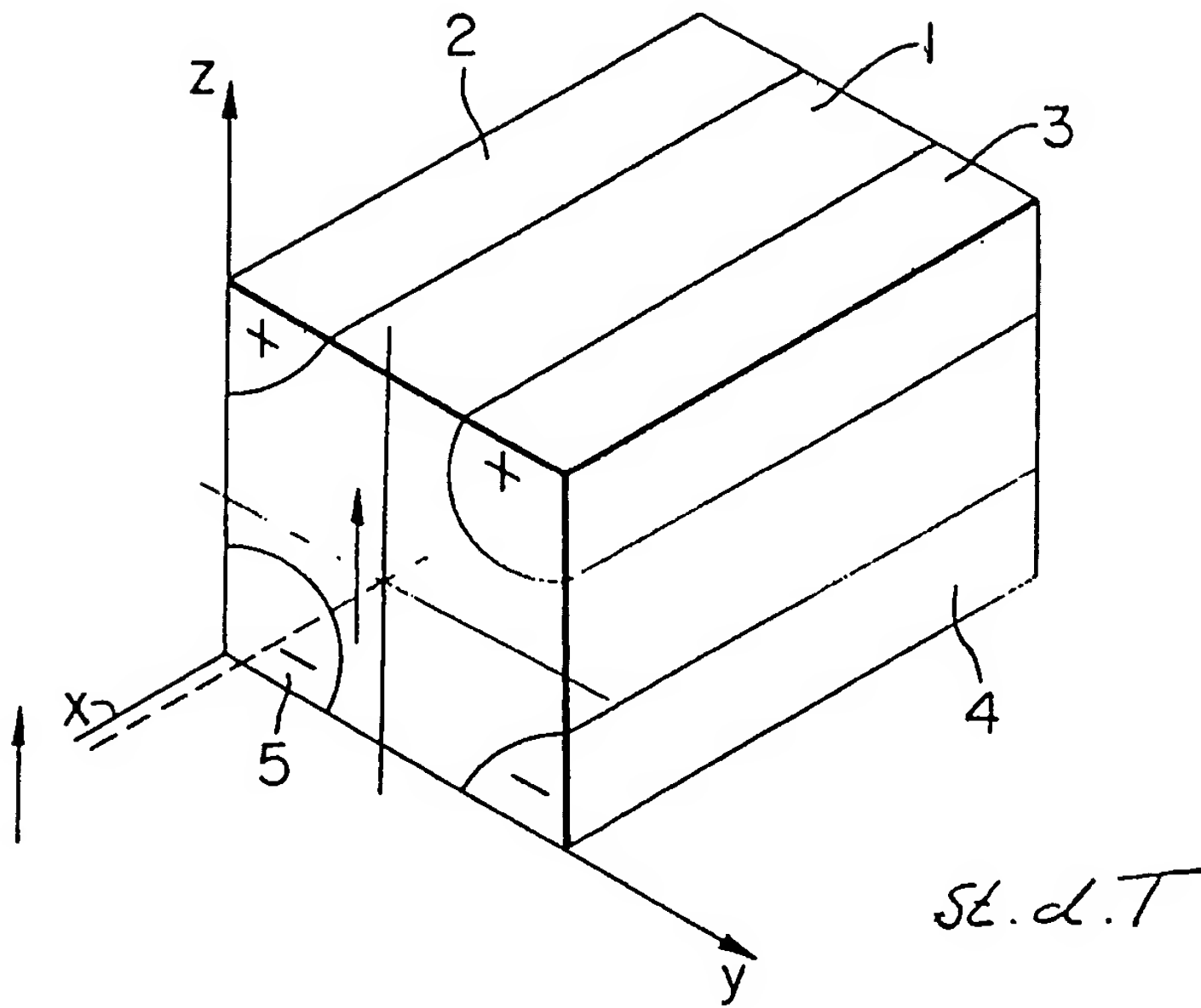


FIG. 2

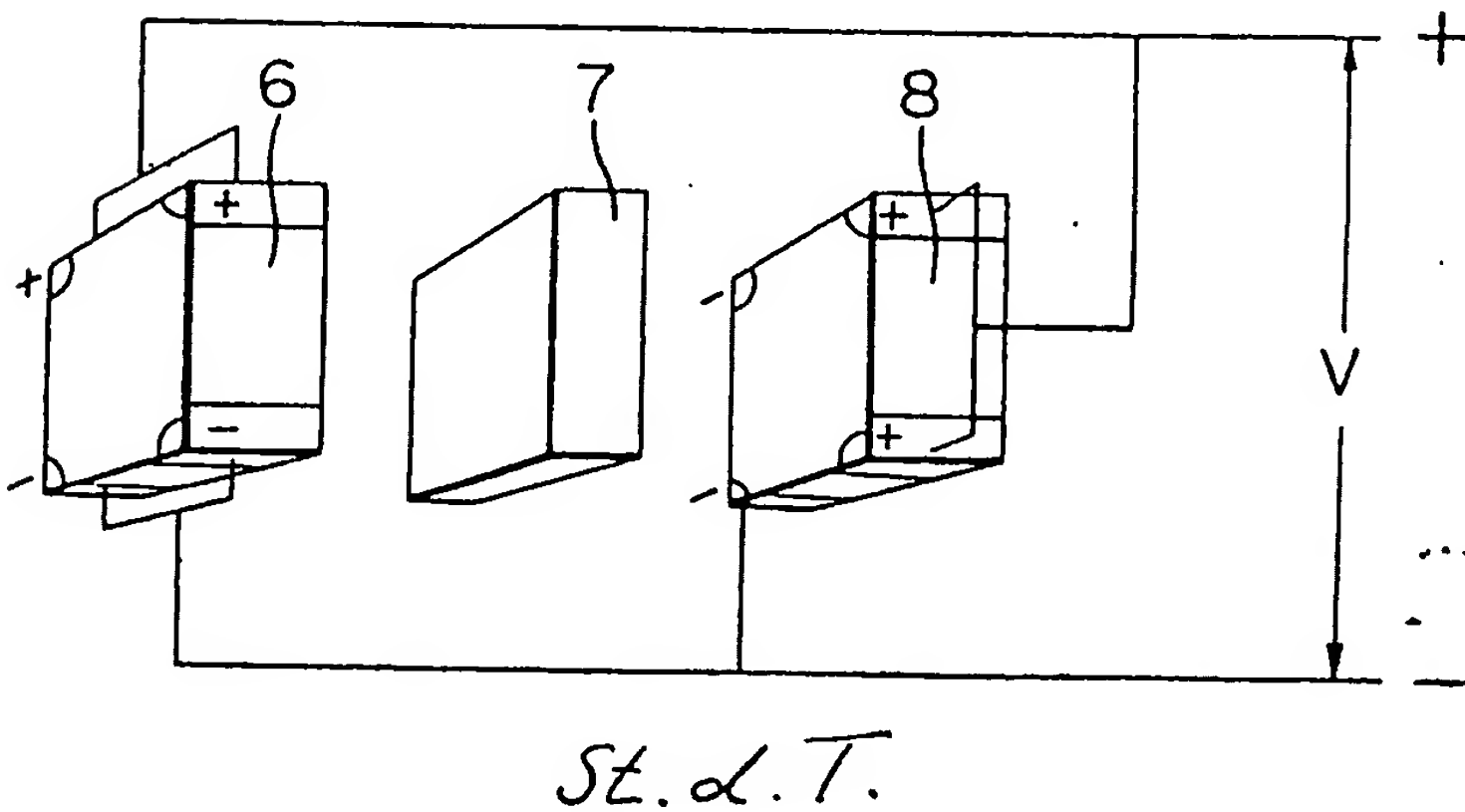


FIG. 3

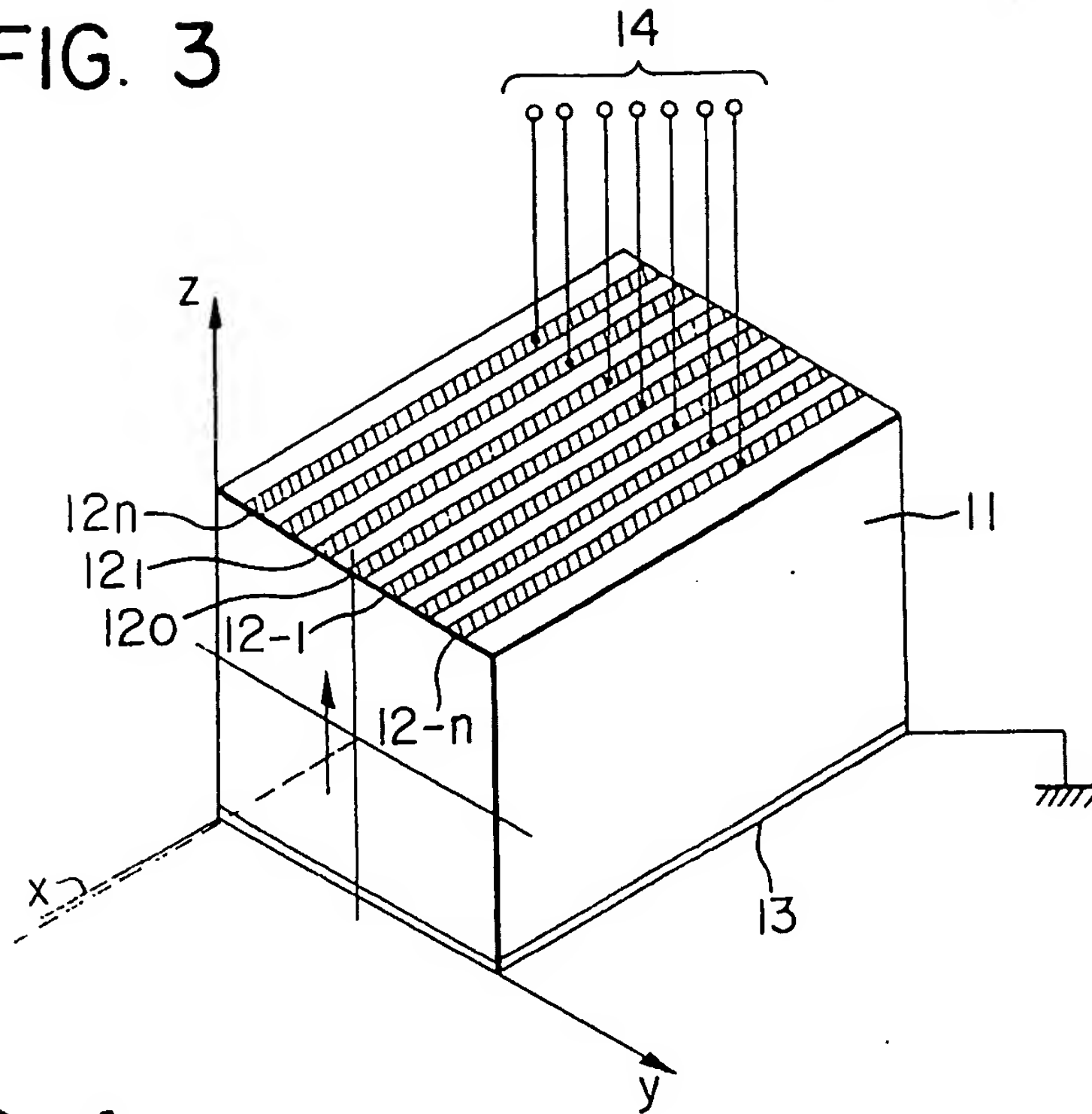


FIG. 4

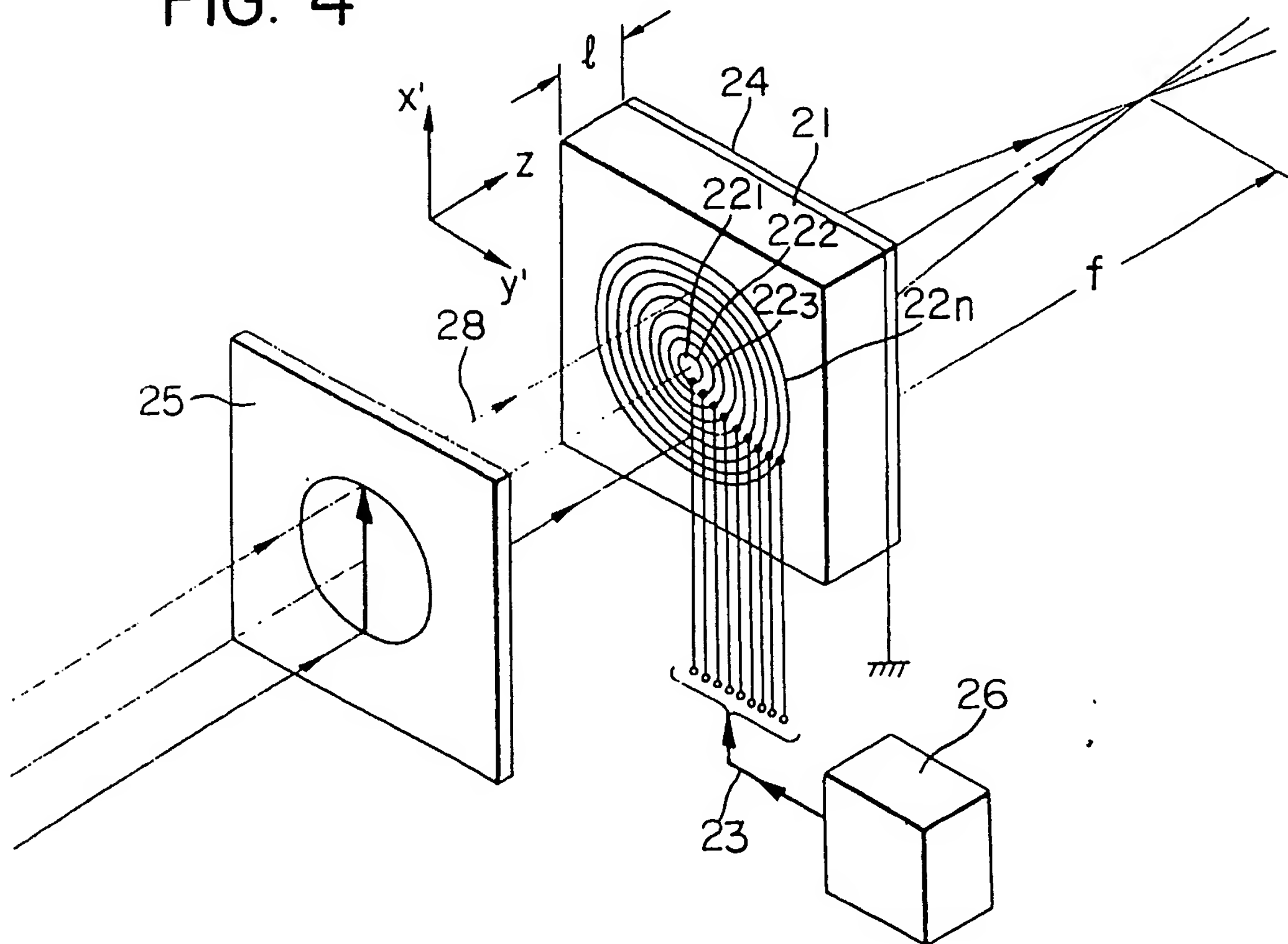


FIG. 5

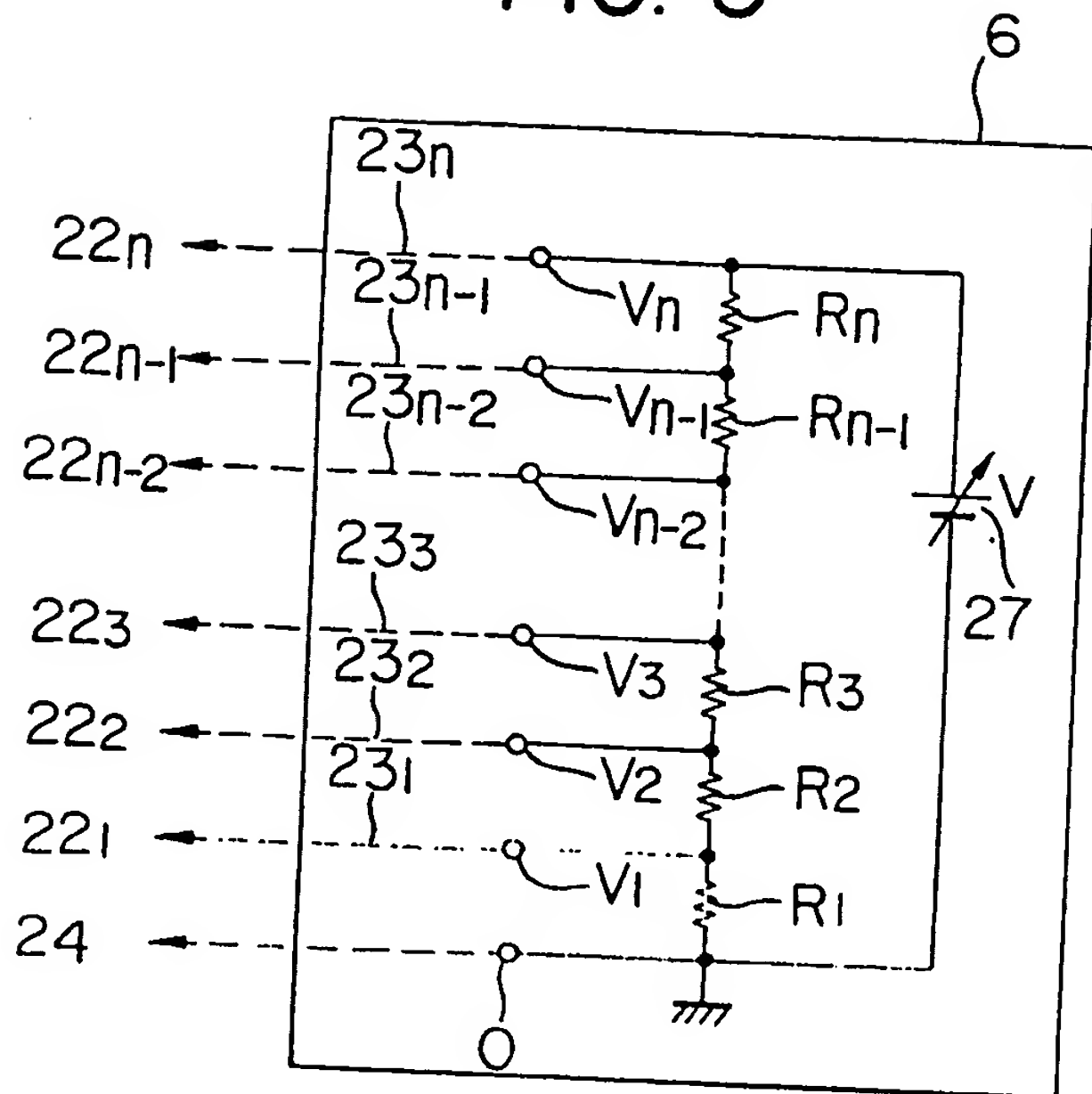


FIG. 6

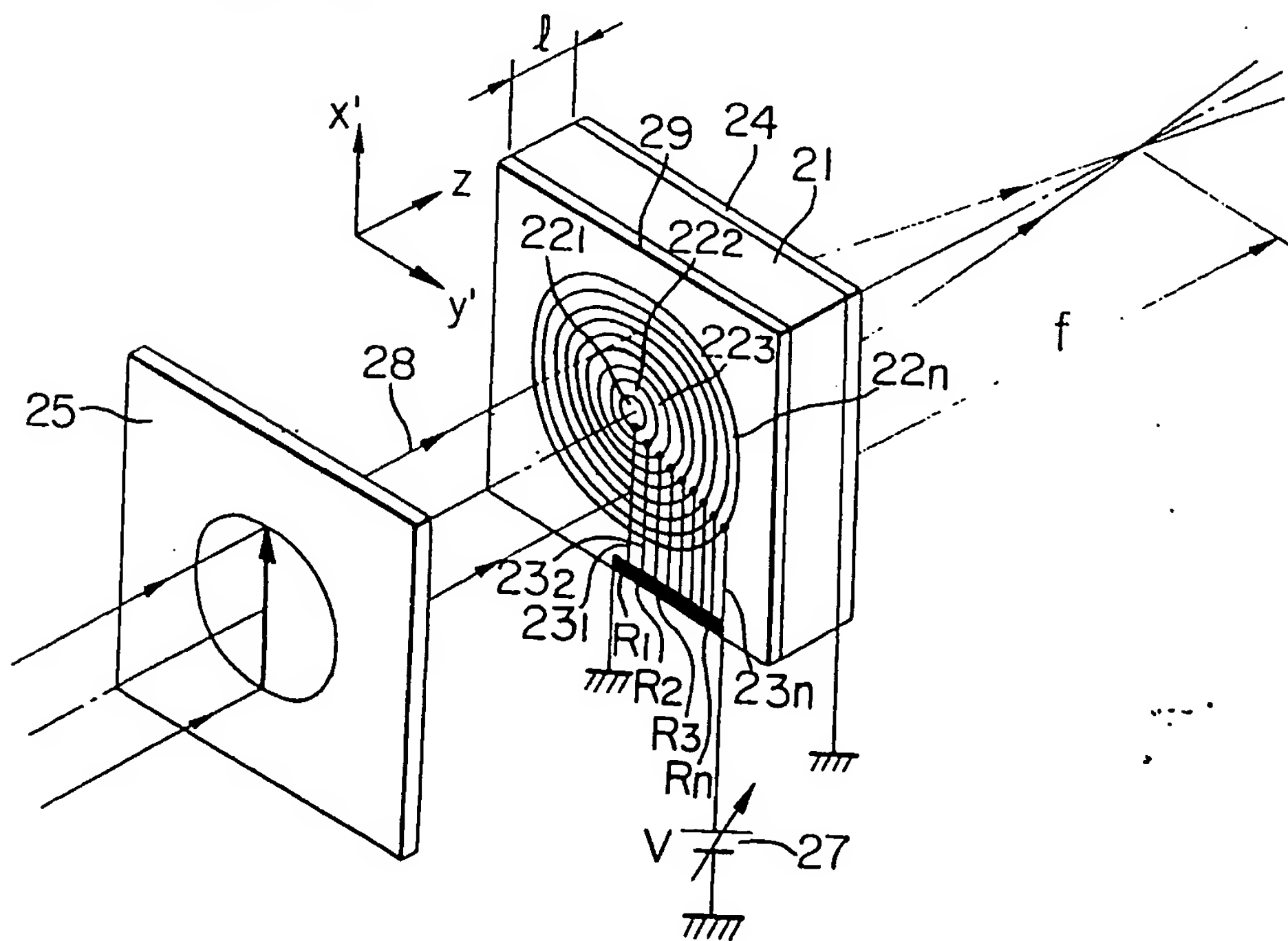


FIG. 7

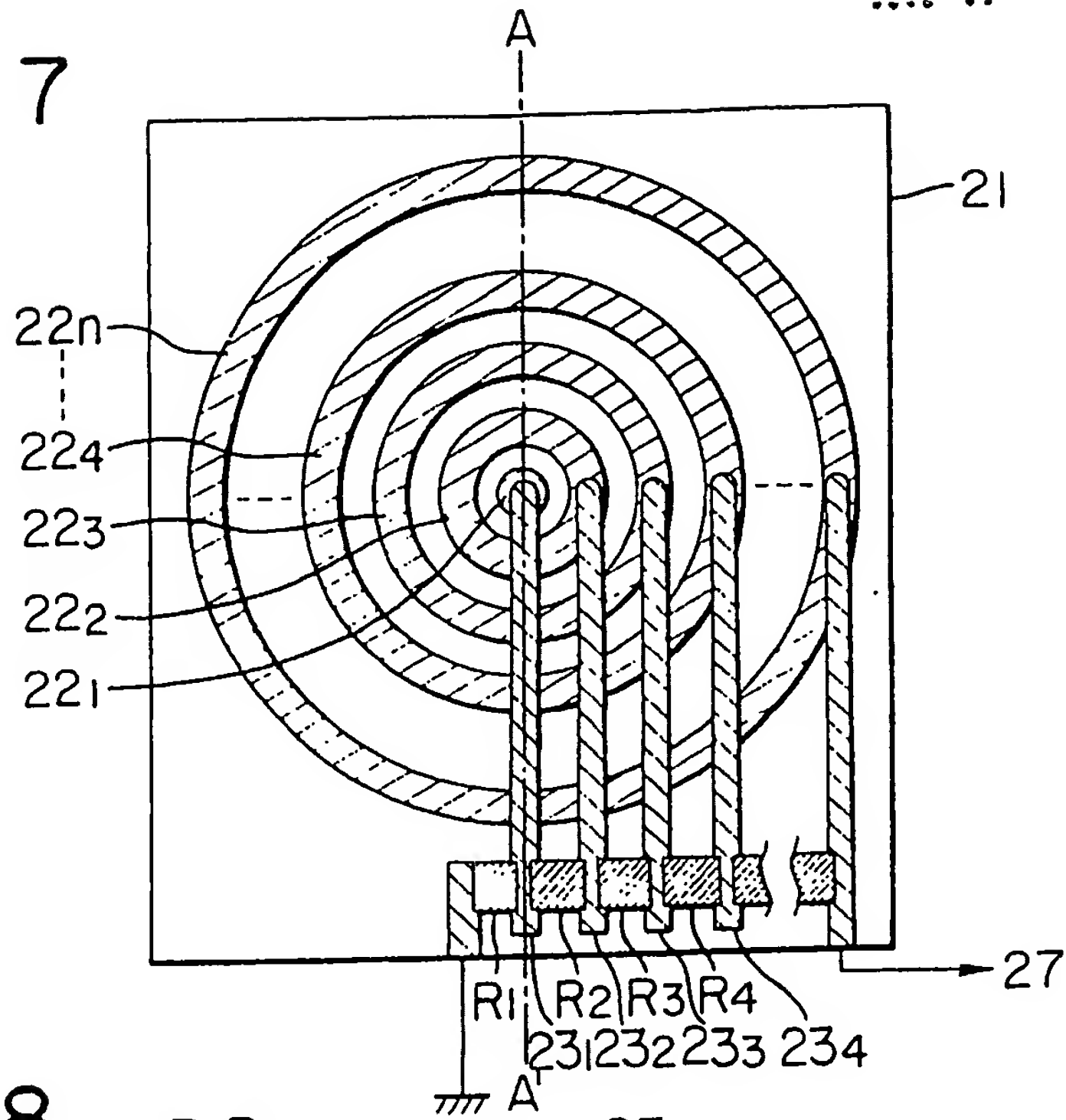


FIG. 8

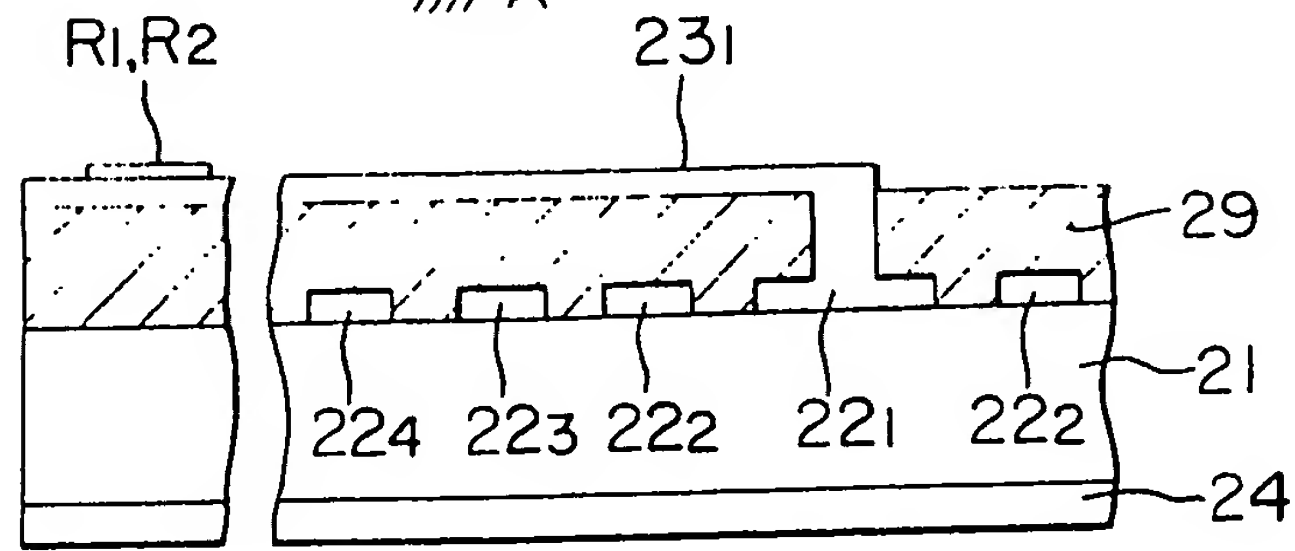


FIG. 9

